



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 33 868 A 1**

⑤ Int. Cl. 6:  
**G 01 C 11/02**  
H 04 N 1/193  
H 04 N 3/15  
H 04 N 13/02  
G 03 B 37/00

By Express Mail  
No. EL350349993US

① Aktenzeichen: 196 33 868.9  
② Anmeldetag: 16. 8. 96  
③ Offenlegungstag: 23. 4. 98

⑦ Anmelder:  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,  
53175 Bonn, DE

74 Vertreter:  
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489  
Berlin

72 Erfinder: Börner, Anko, 12526 Berlin, DE; Reulke, Ralf, Dr., 15745 Wildau, DE

## ⑤6 Entgegenhaltungen:

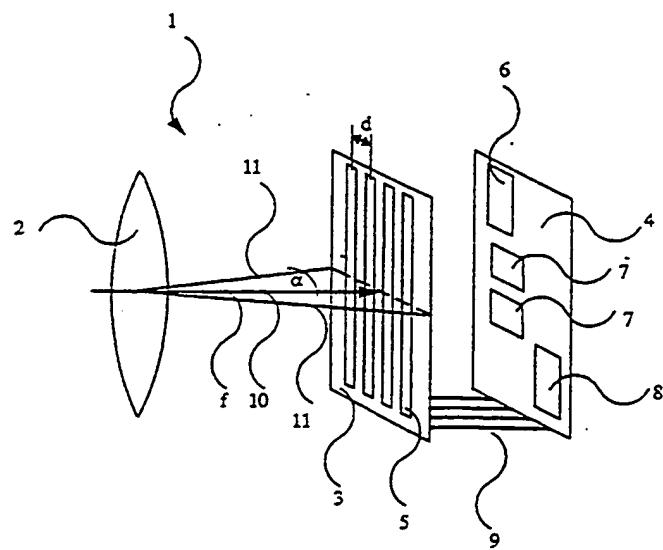
DE	42 13 281 C2
DE	45 35 088 A1
DE	43 31 128 A1
DE	38 02 219 A1
DE	03 19 654 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## 54 Stereokamera für die Photogrammetrie

57) Die Erfindung betrifft eine Stereokamera (1) für die digitale Photogrammetrie, umfassend eine Eingangsoptik (2) und in der Fokalebene (3) angeordnete optische Detektoren, deren Ausgangssignale in einer Auswerteeinrichtung (6) zu einer Bildinformation verarbeitet werden, bei der aus einer Vielzahl optischer Detektoren in der Fokalebene (3) jeweils mindestens zwei der optischen Detektoren zusammen ansteuerbar sind.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Stereokamera für die Photogrammetrie gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 12.

Zur Erstellung von Geländeprofilen für Karten werden heute noch Kameras mit herkömmlichen Filtern eingesetzt. Die Daten des aufgenommenen Filmes werden anschließend digitalisiert und mit bekannten Auswerteverfahren der Photographie in ein Geländeprofil umgerechnet. 10

Einen wesentlichen Fortschritt gegenüber der klassischen Photographie stellt die digitale Photogrammetrie dar. Die Grundlagen hierfür werden einerseits durch hochauflösende digitale Bildaufnahmegeräte und andererseits durch hochgenaue Positions- und Lagegeber wie z. B. Differential-GPS 15 oder Faser-Kreisel geschaffen. Der klassische Film wird dabei durch optische Detektoren wie z. B. CCD-Bauelemente ersetzt. Der Vorteil der digitalen Photogrammetrie liegt darin, daß die aufgenommenen Daten sofort in digitaler Form vorliegen und nicht erst digitalisiert werden, was eine 20 erhebliche Zeitsparnis zur Folge hat. Zur Bestimmung von Höhenwerten eines Punktes eines beobachteten Geländes sind mindestens zwei Aufnahmen des Gebietes aus unterschiedlichen Positionen nötig. Dies kann durch Mehrfach- 25 überfliegung eines Gebietes oder durch Verwendung mehrerer Kamerasytème und der Erzeugung sich überlappender Bilder realisiert werden.

Aus dem Fachartikel "Dynamische Photogrammetrie; Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, Bildmessung und Luftbildwesen, Otto Hofmann, 3/86 S. 105 ff." ist eine Stereokamera mit drei CCD-Zeilen bekannt, mit der bei nur einem Überflug ein Gelände aufgezeichnet werden kann unter Ausnutzung der Eigenbewegung des die Stereokamera tragenden Flugzeugs oder Satelliten. Das Grundprinzip beruht darauf, mittels dreier CCD-Zeilen sich überdeckende Bildaufnahmen eines Geländepunktes aus unterschiedlichen Perspektiven aufzunehmen. Um einerseits bei der Berechnung der Höhenwerte eine größere numerische Stabilität zu erreichen und andererseits zu verhindern, daß stark strukturiertes Gelände für bestimmte Zeilen unsichtbar ist, werden in der Regel statt der theoretisch nur nötigen zwei CCD-Zeilen mindestens drei CCD-Zeilen verwendet. 30

Dazu werden auf einer im Abstand  $f$  zum Hauptpunkt der Eingangsoptik gelegenen Fokalebene drei CCD-Zeilen im äquidistanten Abstand parallel zueinander angeordnet. Durch den Versatz einmal in positive und einmal in negative Richtung zur Hauptachse der Eingangsoptik schaut eine CCD-Zeile nach vorn, eine nach unten und die dritte nach hinten. Der Winkel, der durch die Fokallänge und den Abstand zwischen den CCD-Zeilen beschrieben wird, ist der Stereowinkel  $\alpha$ . Zur geometrischen Rekonstruktion des Streifenmodells werden anschließend homologe Bildpunkte der drei Bildstreifen durch Flächenkorrelation bestimmt, wobei dann diese Bildpunkte annähernd netzförmig angeordnet sind. Es folgt die Bestimmung der sechs äußeren Orientierungsparameter des Stereo-Abtasters in sogenannten Aufnahmestützpunkten in regelmäßigen Zeitintervallen längs des Flugweges und die Bestimmung der Geländekoordinaten derjenigen Punkte, die den korrelierten Bildpunkten zugeordnet sind. Diese Stereokameras wurden bereits erfolgreich in dem Beitrag der DLR zur Mars 96 Mission WA-OSS "Wide Angle Optoelectronic Stereo Scanner (WA-OSS), Mars 96 Mission, Phase B Study, WAOSS Technical Part, Berlin 1991" und deren Nachfolgemodell WACC "Wide Angle Airborne Camera, OEPE Workshop, Digital Camera, ION Paris 78-70 0 1004 A Fckardt" eingesetzt. 35

kel  $\alpha$ , wobei der optimale Wert dieses Parameters vom dem zu beobachtenden Gelände abhängig ist. Für die Größe des Stereowinkels  $\alpha$  gibt es bisher keine zuverlässigen Untersuchungen. Da Experimentelle Untersuchungen zu teuer oder 40 unmöglich sind, wurde mittels eines Simulationstools eine solche Optimierung durchgeführt "Börner, A: Simulation optoelektronischer Systeme: Diplomarbeit, TU Ilmenau 1995". Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Grundsätzlich sollten Stereowinkel  $\alpha$  größer als  $10^\circ$  und kleiner als  $400$  (Weitwinkelkamera) gewählt werden.
- der optimale Stereowinkel  $\alpha$  hängt entscheidend von der Höhendynamik des überflogenen Gebietes ab, wobei unter Höhendynamik die Änderung der Höhenwerte des überflogenen Gebietes zu verstehen ist. Für flaches Gebiet spielt der Stereowinkel  $\alpha$  keine wesentliche Rolle. Dagegen wird der Bereich des zulässigen Stereowinkels  $\alpha$  bei einer großen Höhendynamik des Geländes wesentlich eingeschränkt, was insbesondere beim Überfliegen urbaner Gebiete zutrifft.
- ein Stereowinkel  $\alpha$  zwischen  $15^\circ$  und  $20^\circ$  bietet für alle simulierten Fälle eine optimale Qualität bei der Erstellung von digitalen Geländemodellen.

Nachteilig an den bekannten Stereokameras für die digitale Photogrammetrie ist, daß der Stereowinkel  $\alpha$  festgeschrieben ist. Dadurch bleiben jegliche Veränderungen des 30 Geländes bzw. der Aufnahmebedingungen unberücksichtigt. So ist z. B. die Kombination vorwärts- und rückwärtschauende CCD-Zeilen zur Stereorekonstruktion bei hochelliptischen Orbits wegen der unterschiedlichen Entfernung bei der Aufnahme der gleichen Gebiete ungeeignet. Auch in 35 urbanen Gebieten sind die aufgezeichneten Bilder sehr stark vom Beobachtungswinkel abhängig, so daß die empfohlenen Stereowinkel  $\alpha$  von  $15^\circ$  bereits zu groß sind und daher im suboptimalen Bereich gearbeitet werden müssen.

Der Erfindung liegt von daher das technische Problem zu 40 grunde, eine Stereokamera zu schaffen, mit der eine variable Adaption an das zu vermessende Gelände möglich ist.

Das Problem wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Durch die Verwendung einer Vielzahl optischer Detektoren, von denen mindestens jeweils zwei wahlweise zusammen ansteuerbar sind, kann der Stereowinkel 45 jederzeit an die Gegebenheiten des Geländes angepaßt werden, wodurch eine optimale Genauigkeit bei der Vermessung erreicht wird. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Durch die Ausbildung der optischen Detektoren als CCD-Matrix bzw. CCD-Zeilen ist eine besonders kompakte Bauweise möglich. Durch die Anordnung eines Multiplexers zwischen den optischen Detektoren und der Auswertungseinrichtung läßt sich die wahlweise Ansteuerung einfach und zuverlässig realisieren. Bei Verwendung einer monolithischen CCD-Matrix ist der Multiplexer darüber hinaus bei Bedarf einfach mitzuentwickeln. Durch die Verwendung von spektralen Filterschichten oder Mikrolinsen läßt sich das zu vermessende Objekt auch in unterschiedlichen Spektralbereichen bestimmen. 50

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Perspektivansicht der Stereokamera und

Fig. 2 ein Blockschaltbild von Fokalebene und Auswerte-

Fokalebene 3 und eine Leiterplatte 4. Die Fokalebene 3 ist in der Brennebene der Eingangsoptik 2 im Abstand  $f$  angeordnet. Auf der Fokalebene 3 sind im äquidistanten Abstand  $d$  mehrere CCD-Zeilen 5 angeordnet.

Die Leiterplatte 4 umfaßt eine Auswerteeinrichtung 6, mehrere Speicherelemente 7 und einen Multiplexer 8. Die CCD-Zeilen 5 sind durch einen Daten-Bus 9 mit dem Multiplexer 8 verbunden. Der Ausgang des Multiplexers 8 ist mit dem Eingang der Auswerteeinrichtung 6 verbunden. Zusätzlich kann der Ausgang des Multiplexers 8 mit einem der Speicherelemente 7 verbunden sein. Der Datenausgang der Auswerteeinrichtung 6 ist ebenfalls mit dem Eingang der Speicherelemente 7 verbunden. Die Auswerteeinrichtung 6 steuert mittels eines weiteren Steuersignals den Multiplexer 8 an. Das von einem zu beobachtenden Objekt ausgesandte bzw. reflektierte Licht fällt auf die Eingangsoptik 2 und wird von der Eingangsoptik 2 auf die Fokalebene 3 abgebildet, so daß alle auf der Fokalebene 3 angeordneten CCD-Zeilen 5 bestrahlt werden. Der von der Hauptachse 10 und Schenkel 11 gebildete Winkel wird als Stereowinkel  $\alpha$  bezeichnet. Der Stereowinkel  $\alpha$  kann dabei Werte zwischen  $-40^\circ$  und  $+40^\circ$  annehmen. Die jeweiligen Daten einer CCD-Zeile 5 liegen über den Bus 9 am Dateneingang des Multiplexers 8 an, wobei mittels der Auswerteeinrichtung 6 der Multiplexer 8 derart angesteuert wird, daß nur die Daten bestimmter CCD-Zeilen 5 zur Auswerteeinrichtung 6 durchgeschaltet werden. Überfliegt die Stereokamera 1 z. B. flaches Gelände wie eine Wüste, so sind z. B. die beiden äußeren CCD-Zeilen 5 durchgeschaltet. Überfliegt nun die Stereokamera 1 plötzlich ein Gebiet mit größerer Höhendynamik wie z. B. ein Gebirge oder eine Stadt, so ändert die Auswerteeinrichtung 6 ihr Steuersignal an den Multiplexern 8, so daß nunmehr jeweils eine CCD-Zeile 5 mit kleinerem Stereowinkel  $\alpha$  durchgeschaltet wird. Durch geeignete Regelschleifen kann dann der jeweils optimale Stereowinkel  $\alpha$  ausgewählt werden. Bei Bedarf können auch CCD-Zeilen 5 unterschiedlicher Stereowinkel  $\alpha$  ausgewählt werden, so z. B. bei der Beobachtung aus elliptischen Orbits.

In der Fig. 2 ist ein Blockschaltbild von der Fokalebene 3 und der Auswerteeinrichtung 6 dargestellt. Die Daten einer jeden CCD-Zeile 5 liegen über den Datenbus 9 am Dateneingang des Multiplexers 8 an. Mittels einer Steuerleitung 12 wählt die Auswerteeinrichtung 6 zwei CCD-Zeilen 5 aus, deren Daten über eine Datenleitung 13 dem Eingang der Auswerteeinrichtung 6 zugeführt werden und dort weiterverarbeitet werden.

#### Patentansprüche

1. Stereokamera für die digitale Photogrammetrie, 50 umfassend eine Eingangsoptik und in der Fokalebene der Eingangsoptik angeordnete optische Detektoren, deren Ausgangssignale in einer Auswerteeinrichtung zu einer Bildinformation verarbeitet werden, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl optischer Detektoren in der Fokalebene (3) angeordnet sind und jeweils mindestens zwei dieser optischen Detektoren wahlweise zusammen ansteuerbar sind.
2. Stereokamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Detektoren als CCD-Matrix ausgebildet sind. 60
3. Stereokamera nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optischen Detektoren als CCD-Zeilen (5) ausgebildet sind, die vorzugsweise in äquidistante Abständen zueinander angeordnet sind. 65
4. Stereokamera nach Anspruch 2 oder 3, dadurch ge-

sind.

5. Stereokamera nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur wahlweisen Ansteuerung zwischen den optischen Detektoren und der Auswertungseinrichtung (6) ein Multiplexer (8) angeordnet ist.
6. Stereokamera nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte optische Detektoren mit unterschiedlichen spektralen Filterschichten oder Mikrolinsen versehen sind.
7. Stereokamera nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stereowinkel  $\alpha$  zwischen der Hauptachse (10) und einem Schenkel (11) eines optischen Detektors zwischen  $-40^\circ$  und  $+40^\circ$  beträgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

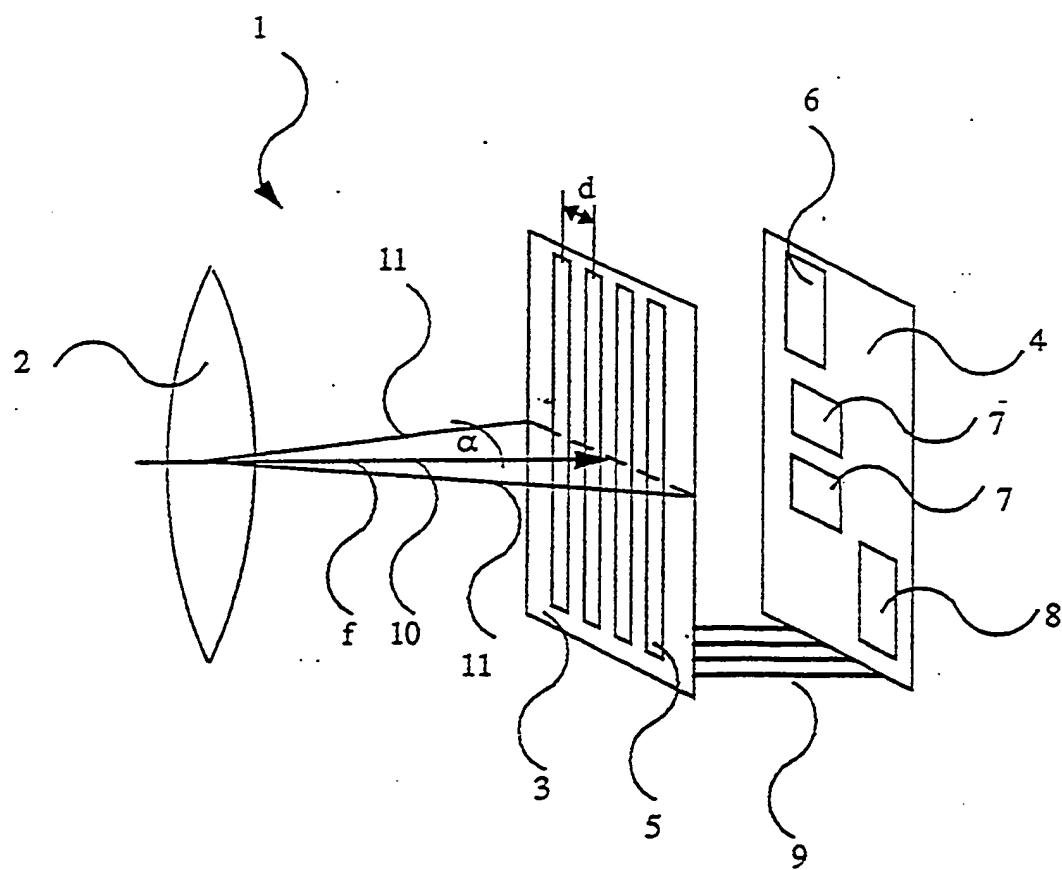


Fig.1

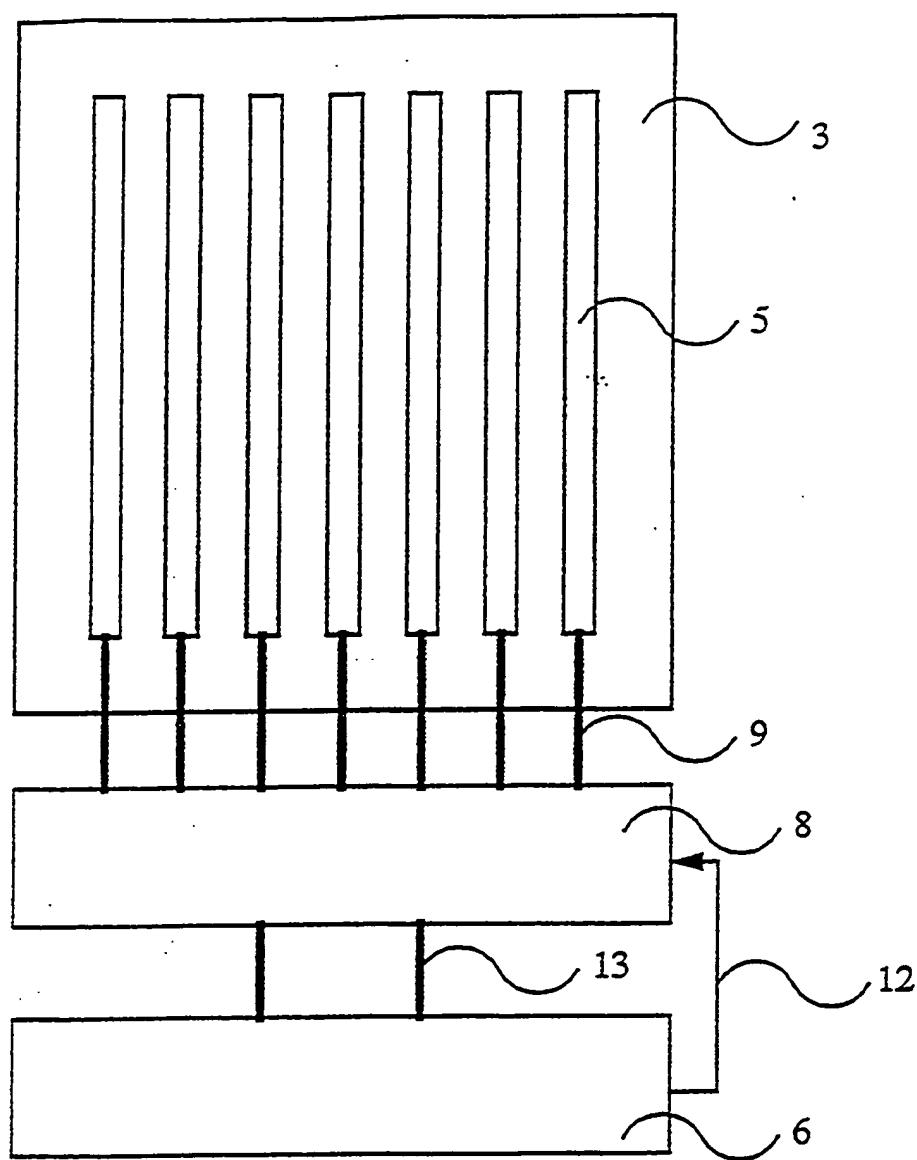


Fig. 2